



**Europäisch s Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets**

**11 Veröffentlichungsnummer:**

0 046 869  
A1

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 81105762.9

51 Int. Cl. 3: F 16 C 3/02

22 Anmeldetag: 22.07.81

30 Priorität: 28.08.80 DE 3032370

④ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
10.03.82 Patentblatt 82/10

**B4** Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI SE**

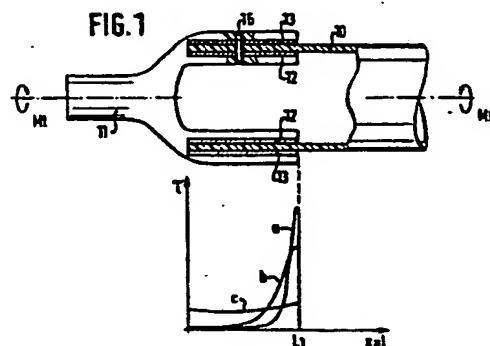
71 Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH  
Postfach 50  
D-7000 Stuttgart 1 (DE)

72 Erfinder: Alchele, Wilfried, Dr., Dipl.-Chem.  
Salierstrasse 33  
D-7050 Waiblingen(DE)

72 Erfinder: Baur, Peter, Dr., Dipl.-Ing.  
Ferdinand-Hanauer-Strasse 84  
D-7000 Stuttgart 50 (DE)

#### 54 Anschluss zur Übertragung von Drehmomenten in torsionsweiche Rohre.

(57) Es wird ein Anschluß vorgeschlagen, der der Einleitung der Übertragung von Drehmomenten, insbesondere bei torsionsweichen Antriebswellen dient. Der Anschluß besteht aus einem schubweichem Rohr (10) z. B. aus Faserverbundwerkstoff, welches am Innen- und/oder Außendurchmesser mit einem starren Anschlußfansch (11) mittels einer Gummi- oder einer Klebeschicht (12, 13) verbunden ist. Insbesondere wird durch axiale Variation der Dicke der Klebefuge bzw. der Gummischicht nach Art z. B. einer Parabelfunktion ein gleichförmiger Schubspannungsverlauf im Gummi bzw. Kleber über die Einspannlänge des Rohres (10) im Flansch (11) erreicht. Weiterhin läßt sich durch Verwendung radiaaler Bolzen (16) aus Faserverbundwerkstoffen die Lochleibung verringern und die Festigkeit der Verbindung erhöhen.



EP 0 046 869 A1

R. 6498

Ot/Jä 28.7.1980

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart 1

Anschluß zur Übertragung von Drehmomenten in torsionsweiche Rohre

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Anschluß zur Übertragung von Drehmomenten nach der Gattung des Hauptanspruchs. Antriebswellen dienen innerhalb eines bestimmten Drehzahlbereichs zur Übertragung von Drehmomenten über eine vorgegebene Strecke. Um Schäden am gesamten Kraftübertragungssystem zu vermeiden, muß die maximal zulässige Drehzahl bei häufigem Wechsel deutlich unterhalb der kritischen Drehzahl liegen. Diese steigt bei vorgegebenem Außen- und Innendurchmesser der Welle mit abnehmender Länge und zunehmendem Quotienten aus Elastizitätsmodul des Materials in Achsrichtung und spezifischem Gewicht.

Liegt bei vorgegebener Gesamtlänge einer herkömmlichen Stahl- oder Aluminiumwelle die kritische Drehzahl nicht ausreichen hoch, so lässt sie sich durch eine entsprechende Anzahl von Zwischenlagern erhöhen. Eine gewichtsgünstigere Lösung jedoch bietet der Einsatz von Rohrmaterialien mit einem höheren Verhältnis von Elastizitätsmodul in Achsrichtung und spezifischem Gewicht, wie z. B. Verbundwerkstoffe aus hochsteifen Fasern in einer Kunstharzmatrix. Rohre aus diesen Materialien sind jedoch

...

in einigen Fällen im Vergleich zu Stahl oder Aluminium torsionsweich und besitzen einen niedrigen Elastizitätsmodul in Umgangsrichtung (z. B. EP-A 798 10084).

Werden über geeignete Anschlußstücke hohe, jedoch für die Rohrdimensionen noch zulässige Drehmomente übertragen, so sind zur Vermeidung des Versagens an den Verbindungsstellen besondere Maßnahmen zu treffen. So wurden bisher bei einer Verklebung zur Vermeidung von Spannungsspitzen im Kleber und bei der Drehmomentübertragung über Bolzen oder Schrauben zur Verringerung der Lochleibung im Rohr entweder der Durchmesser und/ oder die Wandstärke des Rohres erhöht. Dies hat jedoch den Nachteil, daß die Wandstärke über die Länge des Rohres variiert werden muß und somit ein kontinuierlicher Herstellungsprozeß entfällt.

#### Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Anschluß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß keine Vergrößerung des Durchmessers oder der Wandstärke an den Rohrenden benötigt wird, um hohe Drehmomente zu übertragen. Hierdurch wird die Verwendung von kontinuierlich hergestellten, abgelängten Rohren, insbesondere aus Faserverbundwerkstoffen ermöglicht. Unterschiedliche Wandstärken im Anschlußbereich brauchen demnach beim Herstellungsprozeß nicht berücksichtigt werden. Die erfindungsgemäße Verbindung hat weiterhin durch leichte Bauweise eine Gewichtersparnis zur Folge.

Durch die in den Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen ist eine vorteilhafte Weiterbildung und Verbesserung der

...

im Hauptanspruch angegebenen Kupplung möglich. Besonders vorteilhaft ist die spezielle Ausgestaltung der Gummi- oder der Klebstoffsicht mit einer sich in axialer Richtung verändernden Dicke. Hierdurch werden auf vorteilhafte Weise Spannungsspitzen in Achsrichtung in der Klebstoff- oder Gummifuge vermieden, wodurch die Haltbarkeit erhöht wird.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Anschlusses zur Drehmomenteinleitung mit gleichmäßiger Schichtdicke des Klebers bzw. der Gummischicht sowie eine Darstellung der Schubspannungen in Achsrichtung, Fig. 2 eine Ausführungsform mit axial veränderlicher Schichtdicke des Klebers bzw. des Gummis.

#### Beschreibung der Erfindung

Bei der Gestaltung einer Krafteinleitung, insbesondere eine Drehmomenteinleitung in schubweichen Rohren z. B. aus faserverstärkten Kunststoffen (Faserverbundwerkstoffen) kommt als Verbindungstechnik zwischen Flansch und Rohr nur Kleben, Schrauben oder Nieten in Betracht.

Bei diesen Rohren lässt sich durch Kombination von Faserlagen, die unter einem Winkel von etwa  $\pm 45^\circ$  zur Rohrachse orientiert sind, und von annähernd achsparallelen Faserlagen die gewünschten Torsions- und Biegesteifigkeit bzw. Schub- und Biegefestigkeit in einem weiten Bereich variieren. Die höchste Biegesteifigkeit und damit die höchste kritische Drehzahl erhält man, wenn

alle Faserlagen nur einen kleinen Winkel mit der Rohrachse einschließen, wie z. B. im EP-A 798 10084 beschrieben ist. Während bei einer solchen Ausführung das torsionsweiche Rohr selbst als drehelatisches Glied wirkt, versucht man bei Stahl- oder Aluminiumwellen in einigen Fällen dieses elastische Verhalten durch Einleitung des Drehmoments über Hülsengummifedern mit relativ dicker Gummihülse (ca. 10 - 25 mm) zu erreichen.

Wellen aus solchen leichten Faserverbundwerkstoffen (spez. Gewicht ca. 1,4 - 2,0 g/cm<sup>3</sup>) stellen im Vergleich zu Stahl- oder Aluminiumwellen eine Gewichtseinsparung dar, besonders, wenn durch ihren Einsatz zusätzlich Zwischenlager und/oder dickwandige Hülsengummifedern überflüssig werden. Sie sind daher vor allem im Fahrzeugbau von Interesse.

Probleme bei torsionsweichen Wellen, die z. B. aus Faserverbundwerkstoffen bestehen können, liegen in der Verbindungstechnik mit starren Anschlußstücken zur Drehmomenteinleitung. Bisher wurde die Verbindung durch Einwickeln der Anschlußstücke bei der Rohrherstellung, durch Einbringen von metallischen Nieten oder Bolzen oder durch Einkleben mit konstanter Dicke der Klebefuge hergestellt.

Kleben: Um elastisches Beulen des Rohres unter Torsionsbeanspruchung innerhalb der Einklebelänge und damit eine Schälbeanspruchung des Klebers zu vermeiden, ist es notwendig, dünnwandige Rohre innen und außen im Einklebungsbereich zu fassen. Dies kann durch einen ein- bzw. aufgeklebten Metallring geschehen. Vorteilhaft

...

ist jedoch auch eine Ausführung entsprechend Fig. 1, bei welcher das Drehmoment sowohl von innen als auch von außen in das Rohr eingeleitet wird. Das schubweiche Kunststoffrohr 10 wird vom Flansch 11 am Innen- und Außendurchmesser über eine bestimmte Länge L1 überlappt.

In Fig. 1 ist unterhalb der dargestellten Anschluß-Verbindung ein Diagramm aufgetragen, wobei in Y-Richtung die Schubspannungsverteilung  $\tau$  in der Klebefuge über die Einspannlänge des Rohres 10 (X-Richtung) für verschiedene Schichtdicken des Klebstoffs bzw. Gummis aufgetragen ist. Übliche Kleber mit einem Schubmodul von 100 bis  $1000 \text{ N/mm}^2$  bewirken aufgrund ihrer zu hohen Schubsteifigkeit das Auftreten von extremen Schubspannungsspitzen am rohrseitigen Ende der Einklebung (Kurve a in Fig. 1 = geringe Dicke der Klebeschicht). Die Spannungsspitzen verringern sich zwar mit zunehmender Dicke der Klebeschicht (Kurve b), jedoch nicht in dem Maße, wie es zur Einleitung großer Drehmomente notwendig ist.

Geeignet für die Kraftübertragung mit einer Ausgestaltung der Verbindung entsprechend Fig. 1 ist Gummi mit einem Schubmodul zwischen 0,5 und  $25 \text{ N/mm}^2$  (Kurve c). Mit Gummi als Zwischenschicht ergibt sich bei nicht zu kleiner Schichtdicke ein wesentlich gleichmäßiger Verlauf der Schubspannung  $\tau$  über die Einspannlänge L.

Die durch Einkleben des schubweichen Rohres 10 in den starren Flansch 11 auftretenden Spannungsspitzen (Kurve a und b in Fig. 1) bewirken beim Erreichen der

...

Bruchschubspannung des Klebers vom rohrseitigen Ende aus ein fortschreitendes Abschweren des Klebers und führen somit zur Zerstörung der Verbindung.

Man kann jedoch einen Abbau der Spannungsspitzen durch Variation der Dicke der Klebefuge 12, 13 über die Einklebelänge L erreichen (siehe 14, 15 in Fig. 2).

Unter der Voraussetzung eines linear-elastischen Verhaltens von Kleber und Rohr lässt sich mit der Bedingung einer konstanten Schubspannung im Kleber die näherungsweise Ausgestaltung der Fugendicke nach

$$d(l) = d(0) + \frac{2 \pi \cdot r^3 \cdot G_K}{I_p \cdot G_R} \cdot l^2$$

ableiten, wobei die Klebefugendicke rohrseitig hin zunehmen muß. Hierbei bedeutet

$d(l)$  die Fugendicke an einer beliebigen Länge l der Überlappung,

$d(0)$  die frei wählbare Dicke der Klebefuge am flanschseitigen Ende der Überlappung,

$G_K$  Schubmodul des Klebers,

$G_R$  Schubmodul des Rohres,

$J_p$  polares Trägheitsmoment des Rohres,

$r$  Abstand der Klebeschicht von der Rohrmitte.

Anstelle einer Parabelfunktion ließe sich jedoch auch eine geeignete Hyperbelfunktion verwenden.

In Fig. 2 sind zwei Ausführungsbeispiele A und B mit verschiedenen Einspannlängen L2 und L3 für ein und

dasselbe schubweiche Rohr 10 dargestellt, wobei die Klebefugedicke über die Einspannlänge nach Art einer Parabelfunktion in Achsrichtung variiert.

Die Ausführung A in Fig. 2 gilt für den schubsteiferen, die Ausführung B für den schubweicheren Kleber.

Bedingt durch die in beiden Fällen gleich angenommene minimale und maximale Dicke der Fuge resultiert bei gleichem Drehmoment im Fall A eine geringere Überlappungslänge L2 und somit eine höhere Schubspannung in der Fuge. Welcher der beiden Kleber (Ausführung A oder B) ein höheres Drehmoment überträgt, hängt näherungsweise von der Größe des Produktes aus der jeweils zulässigen Schubspannung und der Überlappungslänge ab.

Ein flacherer Anstieg der Parabel entsprechend der Ausführung B in Fig. 2 ergibt einen niedrigeren und gleichmäßigen Schubspannungsverlauf, wie in Fig. 2 im Schubspannungsdiagramm dargestellt. Für einen flachen Parabelverlauf entsprechend Ausführung B in Fig. 2 ist ein Werkstoff mit einem kleinen Schubmodul notwendig. Hierfür eignet sich zur Drehmomentübertragung in der Fuge insbesondere Gummi mit einem Schubmodul zwischen 0,5 und  $25 \text{ N/mm}^2$ .

Die dadurch nur allmähliche Zunahme der Fugendicke in Achsrichtung (Ausführung B), welche zur Ausbildung einer konstanten Schubspannung notwendig ist, bedingt bei vergleichbarer minimaler und maximaler Schichtdicke eine derart große Überlappungslänge, daß die gegenüber den meisten Klebern geringere zulässige Schubspannung des Gummis trotzdem ausreicht und sogar überkompensiert wird.

...

Bei nicht zu kleinen Dicken der Klebefuge kann bei Gummi auf eine rohrseitig hin zunehmende Dicke der Klebefuge verzichtet werden (S. Fig. 1), ohne daß die Ergebnisse zu schlecht werden.

In Abhängigkeit von der Torsionssteifigkeit des Rohres fällt bei Verwendung einer Gummischicht von mehr als 0,3 - 3mm Dicke die Schubspannungsspitze nur gering aus (Kurve c in Fig. 1). Eine solche Gummischicht vergrößert bei schubweichen Rohren die Torsionselastizität nicht wesentlich. Demgegenüber wird beim bekannten Hülsengummifeder-Anschluß in Stahl- oder Aluminiumrohr eine wesentlich dickere Gummischicht (16 - 25 mm) eingesetzt, um die Torsionssteifigkeit der gesamten Anordnung gegenüber der Steifigkeit der reinen Metallrohre wesentlich zu verringern. Ein weiterer Nachteil hierbei stellt die mit zunehmender Gummischicht abnehmende kritische Drehzahl dar.

Nieten und Schrauben: Zur Erhöhung der Festigkeit können Nieten, Bolzen 16 oder Schrauben in radialer Richtung angebracht werden, die die Torsionssteifigkeit der erfindungsgemäßen Verbindung erhöhen. Dabei muß die Nachgiebigkeit der Bolzen usw. quer zur Achsrichtung der geringen Steifigkeit des torsionsweichen Verbundwerkstoffrohres in Umfangsrichtung angepaßt sein, um eine Zerstörung des Rohres, ausgehend von den Lochrändern, zu vermeiden. Da gleichzeitig eine hohe Scherfestigkeit der Bolzen usw. notwendig ist, eignen sich für diesen Zweck erfindungsgemäß vorwiegend Faserverbundwerkstoffe mit axialer Faserorientierung (GFK-Stifte). Hierbei ist keine endseitige Zunahme des Durchmessers oder der Wanddicke mehr erforderlich.

0046869

0493

- 9 -

Besonders vorteilhaft ist auch die Kombination des Einklebens oder Einvulkanisierens des torsionsweichen Rohres 10 in den Flansch 11 mit den zusätzlich in radialer Richtung angebrachten Bolzen, Nieten oder Schrauben aus Faserverbundwerkstoffen.

R. 543 5  
Ot/Jä 28.7.1980

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart 1

Ansprüche

1. Anschluß zur Übertragung von Drehmomenten, insbesondere bei Antriebswellen, mit einem Anschlußflansch zur Ein- oder Ableitung des Drehmoments und einem Anschlußrohr, die einander axial überlappen, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschlußflansch (11) ein Anschlußrohr (10) aus einem schubweichen Faserverbundwerkstoff am Innen- und/oder Außendurchmesser des Anschlußrohrs (10) überlappt und daß die Verbindung zwischen Anschlußrohr (10) und Anschlußflansch (11) über eine Klebeverbindung und/oder eine Gummischicht erfolgt.
2. Anschluß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen schubweichem Rohr (10) und Anschlußflansch (11) über eine Gummischicht und/oder eine Klebeverbindung mit in Achsrichtung variabler Schichtdicke erfolgt.

...

- 2 -

3. Anschluß nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Klebe- bzw. Gummifuge nach folgender Funktion rohrseitig hin zunimmt:

$$d(l) = d(0) + \frac{2 \pi r^3 G_K}{I_p \cdot G_R} \cdot l^2$$

Hierbei bedeutet:

$d(l)$  die Fugendicke an einer beliebigen Länge  $l$  der Überlappung,

$d(0)$  die frei wählbare Dicke der Klebefuge am flanschseitigen Ende der Überlappung,

$G_K$  Schubmodul des Klebers,

$G_R$  Schubmodul des Rohres,

$J_p$  polares Trägheitsmoment des Rohres,

$r$  Abstand der Klebeschicht von der Rohrmitte.

4. Anschluß insbesondere nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen schubweichem Rohr (10) aus Faserverbundwerkstoff und Anschlußflansch (11) mittels Bolzen, Nieten oder dergleichen (16) verstärkt wird.

5. Anschluß nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Bolzen, Nieten oder dergleichen (16) aus Faserver-

....

bundwerkstoffen mit vorwiegend axialer Faserorientierung verwendet werden.

5. Anschluß nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung mittels Kleber- oder Gummischichten und mittels der Verbindung über Bolzen (16) aus Faserverbundwerkstoffen erfolgt.

7. Anschluß nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gummischicht (12, 13, 14, 15) durch Einvulkanisieren hergestellt wird.

FIG.1

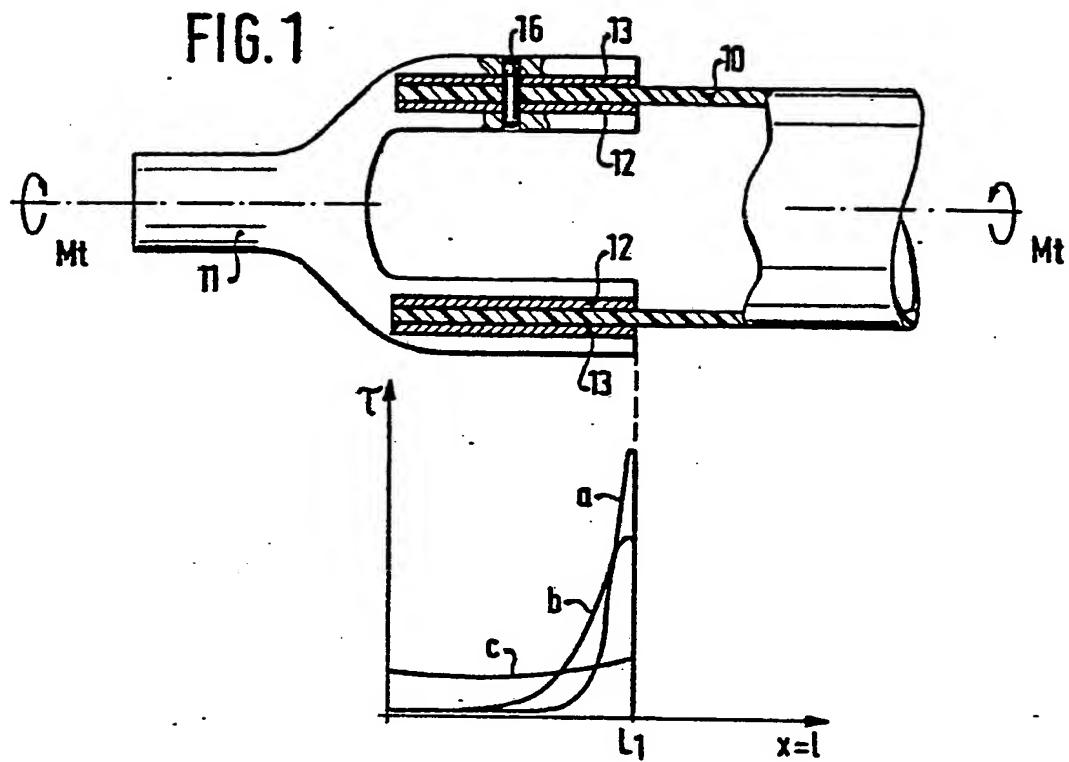
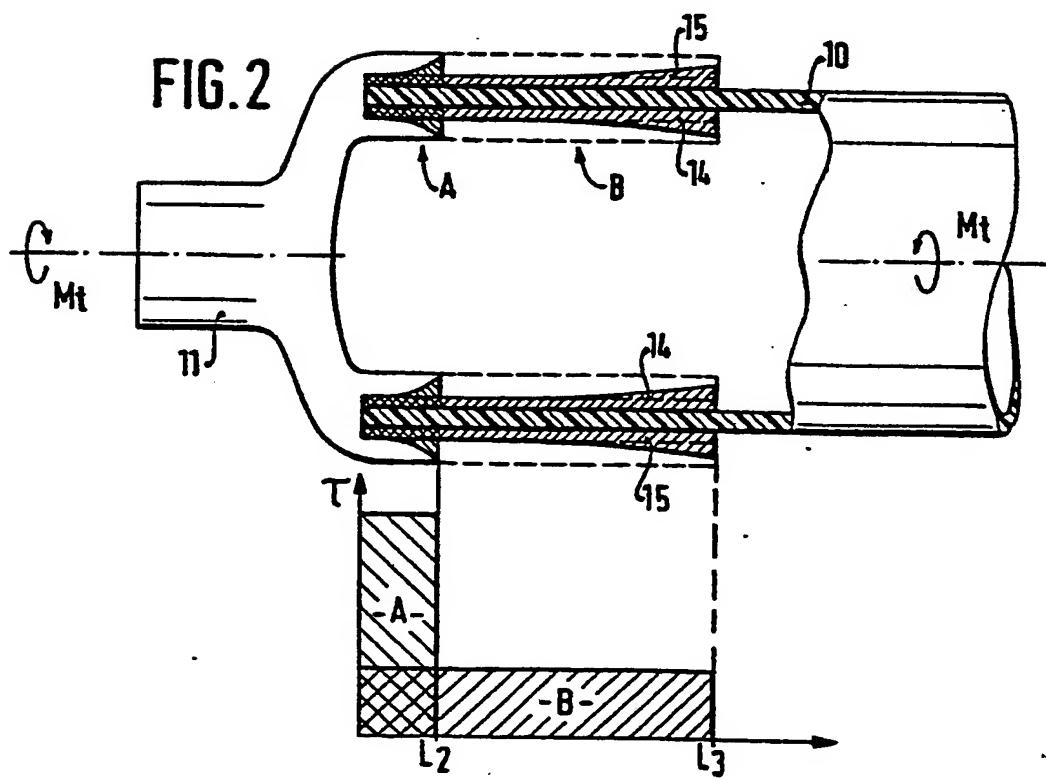


FIG.2





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
X	<p><u>DE - A - 2 756 969 (UNION-CARBIDE)</u></p> <p>* Seite 9, Zeile 7 - Seite 11, Zeile 17; Figuren *</p> <p>--</p>	1	F 16 C 3/02
X	<p><u>FR - A - 2 356 048 (GKN TRANSMISSIONS)</u></p> <p>* Anspruch 2; Seite 8, Zeilen 6-27; Figur 3 *</p> <p>--</p>	1	
X	<p><u>US - A - 3 638 979 (FRANCOIS)</u></p> <p>* Spalte 2, Zeile 69 - Spalte 3, Zeile 43; Figur 3 *</p> <p>--</p>	1	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.)
			F 16 C B 29 D
	<u>FR - A - 2 421 060 (CELANESE CORP.)</u>	4	
	* Seite 7, Zeilen 4-14; Figur 8 *		
	--		
D	<p><u>EP - A - 0 009 007 (CIBA-GEIGY)</u></p> <p>* Seite 4, Zeilen 4-11; Figur 1</p> <p>-----</p>	4	
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			<p>X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: In der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &amp;: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p>			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	08-12-1981	BARON	

**ONE PAGE BLANK (USPTO)**